

# 食物线索注意偏向及其神经机制\*

李 灵 侯晓旭 张 亚 隋 雪

(辽宁师范大学心理学院, 大连 116029)

**摘 要** 与其他类型的刺激相比, 个体会优先注意食物相关刺激, 即对食物刺激的注意偏向。对影响食物线索注意偏向个体因素研究的分析发现: (1)在状态因素中, 饥饿以及与自我威胁有关的、唤起强度大的负性情绪对食物线索注意偏向有增强作用, 这在注意加工的早期和晚期都有体现; (2)在特质因素中, 行为研究发现, 相比于体重正常个体和非限制性饮食者, 超重/肥胖个体以及唤起节食目标的成功限制性饮食者没有更强的注意偏向, 但是, ERP 研究发现, 在注意加工的早期阶段, 就出现了特质因素对食物线索注意偏向的影响; (3) fMRI 研究发现, 对食物线索的注意过程伴随着脑岛、眶额叶皮层等与奖励相关的脑区及视觉注意网络的激活。未来研究需要: (1)从动态角度研究注意偏向, 进一步提高测量的信度; (2)使用专门的范式探究个体因素影响注意偏向的神经机制; (3)严格分离不同状态因素; (4)对被试进行严谨筛选和划分, 做好被试间的对比研究。

**关键词** 食物线索, 注意偏向, 神经机制, 个体状态因素, 个体特质因素

**分类号** B845

## 1 引言

饮品、食品作为生存的必需品, 对人类有着特殊的意义, 与食物相关的刺激容易成为注意的对象。在不同类型的刺激中, 个体往往会优先注意与食物相关的刺激, 这种现象被称为对食物相关刺激的注意偏向(van Ens et al., 2019)。注意偏向是个体对凸显刺激自动注意控制能力的下降(Field et al., 2009)。对食物相关刺激的注意偏向会增加对食物的渴望, 可能导致过量摄入食物(Shuang et al., 2018), 进而出现肥胖、血压升高等一系列的健康问题。

在对食物刺激注意偏向的研究中, 研究人员往往使用食物词汇(Kemps et al., 2014; Papies et al., 2008)或者食物图片(Hepworth et al., 2010; Sanger, 2018)等刺激作为研究材料, 被称为食物线索。研究表明, 个体对食物线索的注意偏向受两大因素影响:食物自身因素和个体因素。对食物

自身因素研究较多的是食物的热量含量。相比于低热量食物, 高热量食物具有更高的享乐属性, 更容易引起个体的注意偏向(Garcia-Burgos et al., 2017)。研究者往往采用高热量食物图片作刺激材料, 以便更容易观察到被试的注意偏向(Kim et al., 2016)。不过, 不同个体对相同的食物线索也有不同反应, 个体是否对食物线索产生注意偏向, 个体因素也起着十分重要的作用。有关个体因素的研究涉及的内容较多, 比如个体的饥饿状态, 对食物的寻求动机, 体重状况、饮食行为等。目前研究人员关注最多的是饥饿、负性情绪、超重和肥胖以及限制性饮食带来的影响, 这些因素与我们的日常生活息息相关。那么, 这些个体因素如何影响我们对食物线索的注意偏向呢? 这种影响背后的神经机制是什么呢? 本文对以往相关研究进行评述, 从行为研究和神经机制研究两个方面, 重点寻找个体状态因素(饥饿、情绪)和个体特质因素(超重/肥胖、限制性饮食)影响食物线索注意偏向的机制。一方面, 可以厘清以往研究的规律性发现, 探寻个体因素在对食物线索产生注意偏向过程中的作用, 以推进相关理论的完善。另一方面, 还可以为饮食问题, 甚至饮食障碍的临床干预提供依据。

收稿日期: 2020-07-20

\* 教育部人文社会科学规划基金项目(19YJA190005),  
国家自然科学基金面上项目(31971036)。

通信作者: 隋雪, E-mail: suixue88@163.com

## 2 对食物线索注意偏向的影响因素

### 2.1 个体状态因素对食物线索注意偏向的影响

饥饿是饮食需要没有得到满足的状态, 饥饿会驱动个体寻找食物, 从而成为一种行为动机(Maslow, 1943)。饥饿状态影响个体的注意(谢家全 等, 2020), 相比于其他刺激, 食物刺激更可能成为个体饥饿状态下的注意对象, 被优先选择(Davidson et al., 2018)。Castellanos 等人(2009)研究了被试在饥饿状态和饱腹状态下完成任务的差异, 记录被试在一项视觉探测任务中对图片刺激的注视行为和对探测点的反应时。食物图片和非食物图片成对出现 2000 ms, 随后在其中一幅图片出现的位置呈现探测点, 要求被试对其做出相应反应。结果发现, 与饱腹组相比, 饥饿组对食物图片存在初始注视偏向和注视维持偏向。这说明食物刺激对于饥饿个体变得更加凸显。但是, 有趣的是, 在他们的实验中, 对探测点方位判断的反应时没有差异。分析发现, 可能是因为刺激材料(食物-非食物图片组)呈现时间过长。对食物刺激的初始注视偏向和维持偏向并不代表最后一次注视一定落在食物图片上, 所以, 对探测点方位判断的反应时没有差异不代表不存在注意偏向。研究者(Jonker et al., 2020)把刺激图片呈现时间缩短为 100 ms 和 500 ms, 并控制被试的饥饿和饱腹状态, 要求被试完成视觉探测任务并记录反应时, 结果发现, 当呈现时间为 100 ms 时, 饥饿状态下的被试表现出对食物图片较强的注意定向偏向; 当呈现时间为 500 ms 时, 饥饿状态下的被试对食物图片的注意偏向消失。

除了饥饿状态, 研究者也对情绪状态的影响进行了研究。情绪状态影响个体对食物线索注意偏向的研究主要集中在负性情绪上。Hepworth 等人(2010)把健康女性被试分为中性情绪和负性情绪两组, 通过听悲伤音乐并回忆曾经的不愉快记忆唤起负性情绪组被试的悲伤情绪。然后, 不同情绪状态下的两组被试都完成一项与食物图片有关的视觉探测任务, 观察被试的注意偏向。结果发现, 悲伤情绪导致被试对食物图片注意偏向增强(Hepworth et al., 2010)。研究者认为, 由于个体会选择进食来缓解负性情绪, 因此, 负性情绪状态下, 食物的奖励价值增加, 这是一种负强化机制(Becker et al., 2016)。食物线索激活了食物奖励

系统, 食物奖励系统又反过来增加了个体的饮食动机, 从而对食物线索的注意增强(Hepworth et al., 2010)。还有研究发现悲伤情绪会使食物成瘾女性对高热量食物线索的注意偏向增强(Frayn et al., 2016), 研究者通过让被试观看一个因癌症去世的小孩的视频来唤起被试的悲伤情绪, 发现悲伤情绪对食物成瘾的被试和没有食物成瘾的健康被试有着不同的影响, 在诱导悲伤情绪后, 食物成瘾被试对高热量食物图片的注意增强, 而健康被试对食物图片的注意并没有发生变化。但是, Donofry 等人(2019)的研究没有发现负性情绪状态下健康女性个体对食物线索注意偏向的增强。在他们的实验中, 悲伤情绪也是通过听悲伤音乐并回忆曾经的不愉快记忆来唤起。情绪唤起之后向被试呈现呈圆形分布的 6 张图片, 包括 1 张关键图片和 5 张填充图片, 每张图片旁边都有一个包含不同方向线段的灰色圆圈, 要求被试又快又准地从中找出包含垂直或者水平线段的圆圈, 即目标圆圈, 并判断目标圆圈中的线段是水平还是垂直, 并做出相应的按键反应, 无需关注图片内容。结果并没有发现负性情绪导致健康被试对食物线索注意偏向的增强。

另外, 负性情绪的来源和强度不同, 可能会对食物的认知和行为反应产生不同的影响(Hepworth et al., 2010)。有研究表明, 与自我威胁有关的应激增加了食物摄入量, 而恐怖电影却没有(Lattimore, 2001)。不同于 Frayn 等人(2016)要求被试通过观看与他人有关的视频唤起悲伤情绪, 在 Hepworth 等人(2010)的研究中, 悲伤情绪源于自己的亲身体验, 这更能让被试感受到自我威胁, 从而选择摄入食物来缓解这种情绪状态。其次, 更强烈的情绪唤起状态, 比如愤怒, 可能会导致增加进食(Frayn et al., 2016)。如果进一步增加情绪唤起强度, 比如在生命安全类威胁下, 面对狮子与面包图片, 是否还有对食物的注意偏向, 尚不清楚。也没有发现以往研究的文献, 但是考虑到生命的价值远远大于食物带来的饱腹的价值, 所以我们猜测这种强度的负性情绪将降低对食物的注意偏向。除了情绪的来源和强度, 情绪调节能力也是一个非常重要的方面。食物成瘾与情绪失调和冲动有关, 食物成瘾者的情绪调节能力更差(Gearhardt et al., 2011), 因此即使是在与自我威胁无关的悲伤情绪状态下, 食物成瘾者也会选择通过进食来

缓冲悲伤情绪带来的负面体验,而健康个体则更有能力来调节情绪以及情绪对注意食物所产生的影响。虽然 Donofry 等人(2019)研究中也唤起了健康被试与自我威胁有关的悲伤情绪,但是 Donofry 等人(2019)的实验,要求被试忽略与任务无关的图片,这就可能涉及到了认知控制,使得实验结果很难只从注意偏向上进行解释。

可见,有关负性情绪状态是否可以增强个体对食物线索的注意偏向,现有研究之间仍然存在矛盾。以往的研究结果说明,负性情绪的来源和强度以及个体情绪调节能力起着重要作用。当负性情绪与自我威胁有关(即来源于自身的亲身体验)、唤起强度大时,情绪调节能力差的个体更容易关注食物线索,期望通过进食来缓解情绪体验。但是,与负性情绪相对应,积极情绪对食物线索的注意偏向带来何种效应我们还不清楚。扩展一建构理论提出,积极情绪对生活的有益影响来源于注意范围的拓宽(Fredrickson, 2001),关于注意和视觉认知的研究已经证实,积极情绪在扩大注意范围的同时还会降低空间分辨率(Vanlessen et al., 2016; Pourtois et al., 2017)。也就是说虽然在快乐状态下个体的视野注意范围更大,但是对于视野中客体的细节加工受到了损害。那么食物作为一种与生理和生存直接相关的特殊刺激,当积极情绪状态下的个体对其进行注意加工时,是会对食物线索进行粗略加工从而忽略食品本身的一些属性(比如热量、味道),还是会优先于其他非食物线索进行加工,亦或将其与非食物线索进行同等加工,这也是未来需要探讨的问题,从而进一步揭示人类在不同情绪状态下的饮食行为的内在机制。

## 2.2 个体特质因素对食物线索注意偏向的影响

超重和肥胖个体往往存在过度饮食的问题,其可能的机制是注意偏向(Hagan et al., 2020)。然而,有关超重和肥胖个体对食物线索注意偏向的行为研究结果是矛盾的,并不能强有力地支持超重和肥胖个体对食物线索有着更强的注意偏向这一观点。虽然有研究发现,超重/肥胖个体对食物线索注意偏向增强(Hendrikse et al., 2015),但是也有不少研究提出相反的观点。Kemps 等人(2014)在一项视觉探测任务中考察了肥胖女性对食物线索的注意偏向,在这一研究中,高热量或者低热量食物词汇与动物词汇匹配呈现 500 ms,之后呈

现探测点要求被试做出相应的按键反应。结果显示,肥胖被试对与食物词汇(尤其是高热量食物词汇)相同位置出现的探测点的反应时要显著快于与动物词汇相同位置出现的探测点的反应时,说明相比于非食物词汇,肥胖女性对食物词汇存在注意偏向。但有趣的是,研究者发现肥胖被试对所有探测点的反应显著慢于体重正常被试,这可能说明,肥胖并没有进一步增强女性对食物线索的注意偏向,但是,当同时面对食物线索和非食物线索时,肥胖女性更倾向于关注食物线索(尤其是高热量食物线索)。Doolan 等人(2014)在眼动研究中使用视觉探测任务,将高热量或低热量食物图片与非食物图片配对呈现给被试 2000 ms,记录被试的眼球运动。结果表明,与低热量食物图片相比,无论是超重/肥胖组被试还是体重正常组被试都对高热量食物图片有更强的注意偏向,但是在不同体重组间并未发现注意偏向的差异。除了对肥胖成人进行的研究,Werthmann 等人(2015)同样使用视觉探测任务,通过一项眼动研究探究了肥胖儿童对食物线索的注意偏向。与前两项研究结果相似,该研究并没有发现肥胖儿童和体重正常儿童对食物线索注意偏向上的差异,无论是肥胖被试还是体重正常被试,都倾向于首先注视食物图片,并且在上面的停留时间长于非食物图片。

对以往研究综述可以发现,与非食物线索和低热量食物线索相比,超重/肥胖成人和儿童对高热量食物线索存在更强的注意偏向,而这种对高热量食物线索的注意偏向可能是超重/肥胖成人和儿童更容易食用高热量食物的一个内在机制;但是当超重/肥胖个体与体重正常个体相比时,二者对食物线索的注意偏向没有差异,甚至超重/肥胖个体的注意偏向更弱。

与超重和肥胖个体相同,限制性饮食者也存在有着过度进食问题,限制性饮食者虽然有着减肥意图,但有时还是会发生过度进食行为,对食物线索的注意偏向可能是其中的一个原因(王劭睿,陈红, 2019)。Papies 等人(2008)使用一项视觉探测任务考察了限制性饮食者对食物词汇的注意偏向,在被试执行任务之前,研究者启动了一部分被试的节食目标。结果发现,限制性饮食者会表现出对美味食物词汇的注意偏向,但是在节食目标的调节下,这种注意偏向就不会发生,这可能是部

分限制性饮食者可以成功控制进食行为的原因。但是,还有一部分限制性饮食者不能很好地控制进食行为,据此,研究者把限制性饮食者分为成功限制性饮食者和失败限制性饮食者两种亚类。二者在进食行为上的表现不同,失败限制性饮食者比成功限制性饮食者更难抵御食物诱惑,产生过度进食行为(王邵睿,陈红,2019)。翁春燕等人(2012)运用一项改进的点探测范式考察了这两类限制性饮食者在分别启动享乐目标和节食目标后注意偏向的变化,食物相关词汇呈现时间为500 ms。结果发现,当启动享乐目标时,成功限制性饮食者对食物词汇存在注意回避,失败限制性饮食者则对食物词汇表现为注意脱离困难;当先后启动享乐和节食目标时,两类限制性饮食者都存在对食物词汇的注意回避,失败限制性饮食者还对其存在注意脱离困难。由此可见,不管启动哪种目标,失败的限制性饮食者都对食物线索有注意脱离困难,这也可能是限制性饮食者反而更容易进食的原因(王邵睿,陈红,2019)。

综上所述,限制性饮食者对食物线索的注意偏向与目标启动以及饮食者分类有很大关系。当启动享乐目标时,限制性饮食者(尤其是失败限制性饮食者)更难将注意从食物线索上脱离;当启动节食目标时,限制性饮食者(尤其是成功限制性饮食者)不会对食物线索产生注意偏向或者表现出对食物线索的注意回避(Papies et al., 2008; 翁春燕等, 2012)。

### 2.3 其他个体因素对食物线索注意偏向的影响

除了对饥饿、负性情绪、超重和肥胖以及限制性饮食进行研究,还有一些其他因素被研究者探讨,比如味觉。Mason 等人(2019)研究发现,在摄入葡萄糖后,瘦人和肥胖个体对客体产生了不一致的认知,瘦人对非食物线索的注意和记忆能力增强,而肥胖个体更注重加工食物线索,这种甜味认知可能是对美味食物形成渴望和习惯的认知基础,一个人对甜味的认知能力越强,在摄入甜食之后,越有可能感受到精神压力的缓解。另外,咀嚼也可能影响奖励回路,降低对食物的注意偏向,比如咀嚼一个无味口香糖(Ikeda et al., 2018)。也有研究者关注了疾病对食物认知加工的影响,有研究发现,严重的抑郁躯体症状可能与对食物线索注意偏向的增加有关(Hawkins et al., 2018)。还有研究发现相比于健康饮食者,患有神

经性厌食症的青少年不存在对食物的早期注意定向(Jonker et al., 2019),而患有神经性厌食症的成年人表现出对食物线索的注意维持能力下降(Werthmann et al., 2019)。这些现象可能说明对食物线索的忽视在神经性厌食者的限制饮食模式中发挥着重要作用。对这些因素的研究有助于未来改善饮食行为上的临床实践,但是这部分相关研究还不够充分,未来研究还需要进一步探讨。

## 3 影响食物线索注意偏向的神经机制

### 3.1 个体因素影响对食物线索注意偏向的 ERP 研究

Sänger (2018)采用 oddball 范式,通过控制被试的饱腹程度,考察个体对食物线索注意加工的神经机制。研究者要求被试关注中央十字注视点的颜色变化,并作出相应反应,食物和非食物图片则随机出现在注视点两侧。结果发现,即使当前任务与食物线索加工没有直接关系,当食物图片呈现时,与饱腹状态下的被试相比,饥饿状态下的被试还是表现出更大的 N1pc 和 P3 波幅,且波幅随着主观饥饿感的增加而增强。N1pc 是刺激呈现 100~200 ms 之间出现的非对称负波,是刺激在某一特定位置(如视野左侧或右侧)呈现时对其分配注意的指标(Wascher et al., 2009),它反映了最初的空间注意定向(Sänger, 2018)。P3 是刺激呈现 300 ms 左右出现的正偏离的波,它反映了有意注意的分配(Schupp et al., 2006)。该研究证明在饥饿状态下,大脑对食物线索进行自动加工,当刺激出现时,个体很快就将注意定向到食物线索上。与饱腹状态相比,饥饿状态导致个体对食物图片更强的早期注意定向,并且将注意维持在与食物相关刺激上。Stockburger 等人(2009)还发现在饥饿状态下,食物图片在额下部、顶后部、颞前部以及枕颞区都诱发了更强的与注意控制加工有关的晚期正电位(LPP)。从功能的角度看, N1pc 与注意定向有关, P3 和 LPP 与刺激识别、工作记忆表征和集中注意的过程有关(Stockburger et al., 2009)。由此可以推测,饥饿促进了与需求相关的食物线索在刺激定向、识别、表征以及注意集中等阶段的加工。饥饿提高了对食物的寻求动机,动机状态的提高增强了视觉注意过程。有研究认为,饥饿状态下食物线索的动机显著性增强,个体对其表现出注意偏向(Jonker et al., 2020)。

在情绪影响食物线索注意偏向的 ERP 研究中, Blechert 等人(2014)考察了负性情绪对不同程度情绪化进食者食物线索注意偏向的影响。情绪化进食是一种负性情绪状态的进食风格,在负性情绪状态下,个体会过量进食(Nightingale & Cassin, 2019)。研究者将被试划分为高情绪化进食组和低情绪化进食组,采访了被试过去两个月经历的压力事件,将事件编成句子放入实验程序,以此来唤起被试的负性情绪。在实验中给被试观看一系列的食物图片,要求被试评价食物的适口性和对食物的食欲。结果发现,高情绪化进食者比低情绪化进食者在顶-枕部出现更大的 LPP,该区域是刺激加工晚期注意维持的基础,通过视觉加工区和前额叶皮层的活动增强,维持个体注意从而促进对刺激的情感加工(Wessing et al., 2013)。在高情绪化进食者中,相比于中性情绪状态,在负性情绪状态下表现出的波幅更正,而在低情绪化进食者中没有发现该现象。这体现了食物对于高情绪化进食者的高奖励相关性(Blechert et al., 2014),是高情绪化进食者更容易过度进食的原因之一。但在该研究中,研究者并未使用非食物图片作为控制变量进行对比,也有可能高情绪化进食者对非食物线索也存在着高级认知加工。Wu 等人(2017)研究了青少年的情绪化进食与食物线索认知加工的神经关联,在其研究中加入了非食物图片做对比,要求被试想象图片中呈现的食物的味道。结果发现在加工食物图片时,高情绪化进食者比低情绪化进食者在前额-顶枕区表现出更大的 LPP,支持了 Blechert 等人(2014)的观点,即高情绪化进食者维持对食物线索的注意,从而促进了对食物线索的情感加工。但是在 Wu 等人(2017)的研究中,只是探讨了情绪化进食与食物线索认知加工的神经关联,并没有通过真实唤起被试某种情绪状态考察其加工食物线索时脑电成分的变化。有研究发现,与食物成瘾者相同,高情绪化进食者情绪调节能力差(Fong et al., 2019),这说明,情绪调节能力差的个体很可能在负性情绪下对食物线索有更强的注意维持,进一步反映了进食作为调节消极情绪的行为意义。

Nijs, Muris 等人(2010)考察了肥胖/超重个体和体重正常个体在饥饿和饱腹状态下对食物线索的注意偏向。研究者要求被试观看屏幕中随机呈现的高热量食物图片和非食物图片,并记录脑电

变化。结果发现,在所有被试中都观察到了对食物图片更大的 P3 波。该研究还发现,同在饥饿状态下,肥胖/超重被试对食物图片的 P3 反而显著小于体重正常的被试。但是该研究中,只是要求被试完成一个简单的图片观看任务并记录脑电,并没有通过专门的注意偏向范式对其进行研究,研究结果不能精确地反应对食物线索的注意偏向。Hume 等人(2015)在一项修改的 stroop 任务中考察了超重和肥胖个体对食物线索的注意偏向。与以往研究不同,在该研究中,研究者将超重被试和肥胖被试做了一个精确的划分。结果发现,相比于体重正常的被试,超重被试对美味食物图片有更大的 P2,肥胖被试的 P3 潜伏期明显缩短。两项研究在 P3 所反映的晚期意识加工上的结果不太一致,首先,这可能与实验范式有关。在被动观看食物图片时可能还会涉及到其他认知加工过程,比如肥胖个体可能会考虑到自身的体重问题而刻意地回避对食物线索的注意;其次,也可能与两项研究对被试的划分有关。Nijs, Muris 等人(2010)的研究并没有将肥胖和超重个体进行精确区分,而 Hume 等人(2015)的研究表明超重和肥胖个体对食物线索加工的注意机制不同,超重被试表现出早期的注意警觉,而肥胖被试表现出晚期的注意维持,因此, Nijs, Muris 等人(2010)的研究可能从被试划分角度对结果产生了一定干扰。另外, Nijs, Franken 等人(2010)的一项 stroop 研究表明,肥胖组对食物相关词汇有更大的 P2 波,但是在正常体重组中并没有;在 P3 成分上,两组并没有显著差异。P2 在视觉加工的早期发挥作用(Woodman, 2010),与对刺激自下而上的知觉有关(Amodio, 2010)。综上,以往研究表明超重和肥胖个体对食物线索的早期感知加工不同于正常体重个体,他们对食物线索的注意偏向可能是在早期自动发生的,但是在晚期维持上还需要进一步探讨。需要注意的是,由于 P3 反应的是有意控制下的一种策略的非自动注意过程(Schupp et al., 2006),较小的 P3 有可能反映了对刺激缺乏内在驱动力,也有可能反映了与肥胖个体节食目标一致的对食物线索有意识的注意下调(Feig et al., 2017),所以对于 P3 的解释需谨慎。未来的 ERP 研究应该将神经激活与更客观的行为测量联系起来,以对该问题进一步控制和解决。除此之外,还有研究证明,作为早期注意加工的一个指标, P2 还反映了动机知觉

过程,也反映了一种自上而下的目标效应(Amodio, 2010)。具体来说,几乎在任何实验室研究背景下,被试都是有动机地参与任务,因此,他们会在每个试次开始前,为将要呈现的刺激做一个自上而下的预期准备,寻找出有可能会测量出他们偏向的线索或者其他需要谨慎回应的信号(Amodio, 2010)。因此,在相关研究中,超重或者肥胖被试可能会预测到实验的目的是探查体重和食物之间的关系,进而对食物线索产生动机性的关注。通过视觉掩蔽任务或者调整控制刺激与目标刺激之间的数量比例也许可以解决该问题。

还有研究通过 ERP 探讨了限制性饮食者对食物线索的注意偏向。Hachl 等人(2003)使用一项阈下单词呈现任务考察了限制性饮食者对食物词汇的加工特点,结果发现,相比于饱腹状态,在饥饿状态下限制性饮食者对食物词汇的 P2 更大,且大于非限制性饮食者的 P2 波幅。该研究结果说明在饥饿条件下,限制性饮食者会对食物词汇分配更多的注意资源(Hachl et al., 2003; 孔繁昌 等, 2011)。需要注意的是,该研究使用的实验材料是词汇,相比于词汇,图片材料更加生动具体,且能更最大限度地模拟实际生活中看到食物的情况。后来,孔繁昌(2012)运用事件相关电位技术,从阈上和阈下注意加工两个方面,采用点探测任务考察了限制性饮食者对食物图片的加工是否存在注意偏向。结果发现,无论是阈上刺激还是阈下刺激,限制性饮食者和正常饮食者都对食物图片存在着注意偏向,具体表现为对食物图片(尤其是高热量食物图片)的 N2 潜伏期更短(阈上)以及有更大的 N2 波幅(阈上和阈下)。N2 反映了认知控制资源的投入(Huster et al., 2013), N2 波幅越大,说明在注意任务中投入的资源越多。这一结果指出限制性饮食者和正常饮食者都对食物线索更警觉,并且这种警觉性与食物的热量含量有关,高热量的食物线索更容易引起个体的早期注意偏向。而且,相比于非食物图片和低热量食物图片,个体对高热量食物图片需要投入更多的认知资源,说明在任务中个体更难实现对高热量食物图片的抑制。尽管阈上研究没有发现限制性饮食者和正常饮食者在对食物认知加工上的差异,但是研究者发现了被试类型的主效应,相比于正常饮食者,限制性饮食者有更短的 N2 潜伏期,这表明限制性饮食者在对刺激的认知加工中,比正常饮食者

更为警觉。其次,研究者发现,无论是限制性饮食者还是正常饮食者都对高热量食物图片有更大的 P3,即对高热量食物线索存在注意偏向。最后,研究者在阈下研究中发现两组被试对食物线索有更大的 P2 波和更短的 P2 潜伏期,表明个体对食物线索存在早期的注意加工。尽管研究发现限制性饮食者对食物刺激存在着注意偏向,但这种注意偏向并非限制性饮食者所特有的(孔繁昌, 2012)。研究者认为无论是否是限制性饮食者,都对食物图片(尤其是高热量食物图片)存在着注意偏向,可以帮助个体抑制食物线索的干扰(孔繁昌, 2012)。而且限制性饮食者的注意偏向还会受到当前饥饿状态的影响,与其进食动机有关。Hachl 等人(2003)也只是在饥饿状态下发现限制性饮食者对食物线索存在注意偏向,可能并不是限制性饮食者本身特质引起的。

总体来说,ERP 研究结果显示,个体因素对食物线索注意偏向的影响在认知加工的早期和晚期都有体现。状态因素的影响更多的体现在早期注意定向和晚期注意维持上,通过 N1pc、P3、LPP 波幅表现出来。而有关特质因素的影响,肥胖和超重被试可能在注意的早期阶段表现出对食物线索的注意定向,表现为 P2 波幅的增强;但限制性饮食者对食物线索的注意偏向相比于正常饮食者如何,依然需要进一步的研究去验证。通过分析以往的研究来看,限制性饮食者对食物线索的注意偏向也还是更多的表现在早期阶段,实验中通过 P2 和 N2 表现出来,尽管这种偏向是在被试饥饿状态下(Hachl et al., 2003)和加工高热量食物图片时(孔繁昌, 2012)发现的。

### 3.2 个体因素影响食物线索注意偏向的 fMRI 研究

LaBar 等人(2001)操纵被试的饥饿状态,对体重和饮食行为正常的被试进行了研究。研究者要求被试观看食物和非食物图片。结果发现,当被试饥饿时,杏仁核对食物线索产生反应,海马旁回和前梭状回也被激活。杏仁核作为大脑奖赏回路的重要组成部分,在结构和功能上与视觉皮层也存在着双向连接(张禹 等, 2014; Vuilleumier & Driver, 2007)。这项研究提出了一种可能性,即饥饿状态可能通过杏仁核的介导,调节梭状回和海马旁回对食物刺激的视觉反应。

Yokum 等人(2011)使用与食物有关的注意网络测试(ANT)测量了肥胖被试注意偏向的脑区激

活。结果发现,在对食物图片进行注意初始定向的过程中,身体质量指数(BMI)得分与脑岛前部和中部、额叶岛盖部、前脑岛、眶额叶皮层(OFC)、上顶叶区以及腹外侧前额叶皮层(vlPFC)的激活呈正相关。脑岛、额叶岛盖部、眶额叶皮层(OFC)和腹外侧前额叶皮层(vlPFC)是由对食物线索的奖励效应的记忆以及美味食物的味道激活的(Stice et al., 2010; Stice et al., 2008); 前脑岛与注意有关(Hutcherson et al., 2005); 上顶叶区在对视觉信号的空间位置进行定向时被激活(Fan et al., 2002)。在个体对食物图像进行注意分配过程中, BMI 与前脑岛/额叶岛盖部的激活呈正相关(Yokum et al., 2011)。研究发现前脑岛参与了工作记忆和注意转移(Wager et al., 2004)。这一结果表明,肥胖被试更容易定位食物线索的空间位置,并且更容易将注意转移到食物刺激上。这些注意行为的产生很大程度上与食物的奖励属性有关。

Wang 等人(2016)最早使用 fMRI 探究了限制性饮食者对食物线索的注意偏向。在其研究中,使用了双选择 oddball 范式测量被试对食物线索的注意偏向,要求被试通过按键又快又准地对标准刺激和异常刺激做区分。研究发现,高热量食物图片激活了限制性饮食者的奖赏区(脑岛、眶额叶皮层)和视觉注意网络(额上回、颞上回); 此外,相比于非食物刺激,低热量食物线索也激活了限制性饮食者的上顶叶区和颞上回。这一结果揭示了限制性饮食者对食物线索(无论食物热量如何)的注意偏向。值得注意的是,无论是限制性饮食者还是肥胖者,在对食物线索的注意过程中,并非单独激活注意加工区域,往往还伴随着奖赏区的激活。这与成瘾模型的观点相一致,显著的刺激(此处为食物)和有益结果之间的反复结合,会导致多巴胺奖励系统的敏化反应,从而增强刺激的注意吸引特质(Robinson & Berridge, 1993)。

fMRI 研究发现,在对食物线索进行加工时,都会激活大脑奖赏区和注意区。当然,并非只有食物相关刺激能够激活这些区域,酒精、尼古丁的摄入(Beck et al., 2018; Lin et al., 2020)也会激活大脑这些区域。因此,需要注意的是,与注意和奖励相关的脑区的激活并非是由食物的特异性引起的,而是由于个体对刺激总体奖励敏感性的提高。所以,未来研究需要探测对食物注意偏向的特异性脑区。

## 4 总结与展望

本文从个体状态因素(饥饿、情绪)和特质因素(肥胖和超重、限制性饮食)两个方面,围绕“影响食物线索注意偏向的因素及神经机制”对以往研究进行了综述。介绍了行为和神经机制两大方面的研究,主要对个体因素对食物线索注意偏向的影响效果进行总结。首先综合行为研究和神经机制研究来看,可以得出如下结论:(1)在状态因素中,饥饿以及与自我威胁有关、唤起强度大的负性情绪对食物线索注意偏向有增强作用,且在注意加工的早期和晚期均有体现;(2)在特质因素中,尽管行为研究没有发现相比于体重正常个体和非限制性饮食者,超重/肥胖个体以及唤起节食目标的成功限制性饮食者对食物线索有更强的注意偏向,但是 ERP 结果提示,特质因素对食物线索注意偏向的影响更多的表现在注意加工的早期阶段。此外, fMRI 研究表明,食物线索的奖励属性是增强个体注意偏向的重要原因。研究者们对个体因素对食物线索注意偏向的影响进行了探讨,但是目前的结论之间依然存在一些矛盾,许多问题还没有一致答案,尚有很多问题有待研究:

首先,通过梳理以往文献发现,很多行为研究结果不一致,一个比较重要的原因是有些行为研究测量注意偏向的指标的信度较低。现有的许多有关食物线索注意偏向的行为研究使用反应时作为指标,得到注意偏向的整体反应时,这种间接测量基于“注意是稳定或者静态的”这一假设之上,即被试对所有显著刺激的注意水平不变(Rodebaugh et al., 2016)。但有研究者提出,注意偏向其实并非静态,而是一个动态过程,其表现通常是波动的、阶段性的,会随着时间的推移,对显著刺激在注意方向上表现出时而朝向、时而远离(Zvielli et al., 2015)。这就使得我们在使用反应时作为指标计算时,会发生结果上的相互掩盖,因此,如何提高测量信度是一个值得思考的问题。眼动被认为可以灵活地探测出注意的动态过程,可以运用在视觉探测任务中提高测量的信度(Christiansen et al., 2015)。最近 van Ens 等人(2019)发现,代表早期注意定向的方向偏差(direction bias)这一眼动指标的內部信度和重测信度差,这可能是被试一开始就倾向于将目光转向显示器的左侧,从而掩盖了对某些刺激的早期注意偏向(van Ens et al., 2019)。

Zvielli 等人(2015)提出了一种新的计算程序 TL-BS 分数(trial level bias scores)来获取注意偏向的动态特征,这是一种试次水平的注意偏向分数,简单来说,就是在视觉探测任务中,将时间上接近的一个不匹配试次的反应时减去一个匹配试次的反应时,如此反复得到一个时间序列,估计试次水平的注意偏向水平和方向(Zvielli et al., 2015; Rodebaugh et al., 2016)。目前,仅有一项研究使用该计算程序探查了超重/肥胖成人和儿童对食物线索注意偏向的动态特征,并发现了肥胖成人和儿童对食物线索和非食物线索的注意偏向都存在较大的水平和方向上的变化,尤其是肥胖儿童对食物线索注意偏向的变化更大(Liu et al., 2019)。由于目前使用 TL-BS 分数的研究还非常少,其在测量食物注意偏向方面的有效性还需要更多的研究去验证。还有一个需要注意的问题,TL-BS 分数是在点探测任务中使用的,但是使用传统反应时计算存在的缺陷不止在点探测任务中存在(Hagan et al., 2020),因此,未来的研究需要在考虑研究目的的基础上,做好研究范式与测量方法的选择与结合。

其次,现有神经机制方面的研究在范式上存在着很大的限制,目前对食物线索注意偏向神经机制的研究还比较少,且缺乏使用专门的注意偏向研究范式对其神经机制进行系统研究。以往很多神经机制方面的研究只是要求被试被动地观看食物线索,虽然也可以观察到个体对食物线索注意偏向的变化,但是只能片面的对其进行解释,因为结果可能也会受到其他认知过程的影响,这也可能是造成部分行为研究与 ERP 研究无法对比的原因之一。因此,未来的研究还需要通过更加精准的操作,使用专门的实验范式,深入研究相关因素对食物线索注意偏向影响的脑机制。且随着 ERP 和 fMRI 等技术的发展,有必要探究影响因素对注意偏向带来变化的脑机制,寻找行为层面下神经机制的差异。比如在情绪唤起方面,有研究发现相同效价(积极、消极)的不同情绪对食物线索注意偏向的影响不同,同样作为消极情绪,愤怒状态下比焦虑状态下对享乐属性食物线索的注意偏向更弱(Motoki et al., 2019)。在这种不同的情绪唤起状态下,饮食者的奖赏和情绪加工的相关脑区活动表现出何种差异,这种差异是否会进一步影响个体对食物的选择,相关问题还需要借

助脑成像技术进行研究。

再次,在有关状态因素的研究中,本文关注了饥饿和情绪两大状态,但饥饿状态有可能会对情绪状态产生进一步的影响,从而混淆实验结果。可以肯定的是,饥饿是一种驱动个体寻求食物的动机状态(Maslow, 1943),在这种动机的驱使下食物刺激变得更加凸显。但是饥饿作为一种常见的状态,也是一种由于有机体缺乏营养而产生的痛苦或不愉快的感觉(林崇德 等, 2003),它会引发个体的消极情绪(谢家全 等, 2020)。由于个体间对饥饿的感受强度不同,这种身体内部状态的感受性差异会引发不同水平的生理唤起从而对情绪产生不同程度的影响(谢家全 等, 2020)。而且有 PET 研究表明,被试在饥饿状态下伴随着情绪加工相关脑区的激活(Parigi et al., 2002)。因此,在实验操作过程中,如何将饥饿与负性情绪进行严格分离,这是研究者需要考虑的一个问题。另外,目前的研究都考虑到饥饿对进食动机的唤起,还没有研究考虑到饥饿是否会通过引发一种消极的情绪状态,进而调节对食物线索的注意偏向,这也是未来研究需要进一步探讨的内容。

最后,在有关特质因素的研究中,本文关注了超重/肥胖和限制性饮食两大特质,对被试的筛选和划分也会对实验结果产生干扰。比如在有关被试的筛选方面,当使用量表对限制性饮食者进行筛选时,常用的量表有限制性量表(RS)、荷兰饮食行为问卷(DEBQ)、三因素饮食问卷(TFEQ)。这些量表测量的方面不同,限制性量表测量的是失败限制性饮食者,另两个问卷测量的是成功限制性饮食者(Heatherton et al., 1988; 王邵睿, 陈红, 2019)。由此,限制性量表筛选出的限制性饮食者更容易表现出对食物线索的注意脱离困难,荷兰饮食问卷和三因素饮食问卷筛选出的被试更容易表现出注意回避。再如对被试的划分方面,限制性饮食者可以划分为失败和成功两类,这两类限制性饮食者在内在机制上存在不同(王邵睿, 陈红, 2019),比如翁春燕等人(2012)的实验结果就表明,相比于成功限制性饮食者,失败限制性饮食者更多地对食物线索表现出注意脱离困难。除了限制性饮食者可以被分为两类,超重和肥胖也可以进行一个明确的划分,Hume 等人(2015)在其研究中就发现,超重被试和肥胖被试加工食物线索的内在机制不同,超重被试由于视觉警觉性增加而表

现出更强的反应性, 其对食物线索的早期注意加工能力更强; 肥胖被试则由于执行控制能力的减弱而表现出更强的反应性, 其对食物线索的晚期注意维持加工能力更强。但是由于目前很少有研究对被试的筛选和划分进行严格控制, 使得各研究之间的结果难以精确比较。未来研究还需要使用多种方法测量筛选被试(王邵睿, 陈红, 2019), 并将被试种类进行严格划分, 进行对比研究。

## 参考文献

- 孔繁昌. (2012). 限制性饮食者对食物线索注意偏向的神经机制 (博士学位论文). 西南大学, 重庆.
- 孔繁昌, 张妍, 陈红, 石明丽, Todd Jackson, 高笑. (2011). 限制性饮食者对食物线索的认知偏向: 行为和脑机制的证据. *心理科学进展*, 19(9), 1355–1362.
- 林崇德, 杨治良, 黄希庭. (2003). *心理学大辞典*. 上海教育出版社.
- 王劲睿, 陈红. (2019). 为何越减越肥?——限制性饮食者过度进食的心理机制及影响因素. *心理科学进展*, 27(2), 136–142.
- 翁春燕, 陈红, 朱岚. (2012). 限制性饮食者对食物线索的注意偏向: 基于目标矛盾理论模型. *心理学报*, 44(5), 680–689.
- 谢家全, 谢昌颐, 杨文登. (2020). 饥饿对认知与社会行为的影响及其机制. *心理科学进展*, 28(1), 141–149.
- 张禹, 罗禹, 赵守盈, 李维, 李红. (2014). 对威胁刺激的注意偏向: 注意定向加速还是注意解除困难? *心理科学进展*, 22(7), 1129–1138.
- Amodio, D. M. (2010). Coordinated roles of motivation and perception in the regulation of intergroup responses: Frontal cortical asymmetry effects on the P2 event-related potential and behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(11), 2609–2617.
- Beck, A., Pelz, P., Lorenz, R. C., Charlet, K., Geusel, O., Heinz, A., ... Müller, C. A. (2018). Effects of high-dose baclofen on cue reactivity in alcohol dependence: A randomized, placebo-controlled pharmacofMRI study. *European Neuropsychopharmacology*, 28(11), 1206–1216.
- Becker, K. D., Fischer, S., Smith, G. T., & Miller, J. D. (2016). The influence of negative urgency, attentional bias, and emotional dimensions on palatable food consumption. *Appetite*, 100, 236–243.
- Blechert, J., Goltsche, J. E., Herbert, B. M., & Wilhelm, F. H. (2014). Eat your troubles away: Electrocortical and experiential correlates of food image processing are related to emotional eating style and emotional state. *Biological Psychology*, 96, 94–101.
- Castellanos, E. H., Charboneau, E., Dietrich, M. S., Park, S., Bradley, B. P., Mogg, K., & Cowan, R. L. (2009). Obese adults have visual attention bias for food cue images: Evidence for altered reward system function. *International Journal of Obesity*, 33(9), 1063–1073.
- Christiansen, P., Mansfield, R., Duckworth, J., Field, M., & Jones, A. (2015). Internal reliability of the alcohol-related visual probe task is increased by utilising personalised stimuli and eye-tracking. *Drug and Alcohol Dependence*, 155, 170–174.
- Davidson, G. R., Giesbrecht, T., Thomas, A. M., & Kirkham, T. C. (2018). Pre- and postprandial variation in implicit attention to food images reflects appetite and sensory-specific satiety. *Appetite*, 125, 24–31.
- Donofry, S. D., van Zoest, W., Moonen, A., Sacchetti, S., Nederkoorn, C., & Roefs, A. (2019). Effect of dietary restraint and mood state on attentional processing of food cues. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 62, 117–124.
- Doolan, K. J., Breslin, G., Hanna, D., Murphy, K., & Gallagher, A. M. (2014). Visual attention to food cues in obesity: An eye-tracking study. *Obesity*, 22(12), 2501–2507.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 340–347.
- Feig, E. H., Winter, S. R., Kounios, J., Erickson, B., Berkowitz, S. A., & Lowe, M. R. (2017). The role of hunger state and dieting history in neural response to food cues: An event-related potential study. *Physiology & Behavior*, 179, 126–134.
- Field, M., Munafò, M. R., & Franken, I. H. A. (2009). A meta-analytic investigation of the relationship between attentional bias and subjective craving in substance abuse. *Psychological Bulletin*, 135(4), 589–607.
- Fong, M., Li, A., Hill, A. J., Cunich, M., & Caterson, I. D. (2019). Mood and appetite: Their relationship with discretionary and total daily energy intake. *Physiology & Behavior*, 207, 122–131.
- Frayn, M., Sears, C. R., & von Ranson, K. M. (2016). A sad mood increases attention to unhealthy food images in women with food addiction. *Appetite*, 100, 55–63.
- Fredrickson, B. L. (2001). The role of positive emotions in positive psychology—The broaden-and-build theory of positive emotions. *American Psychologist*, 56, 218–226.
- Garcia-Burgos, D., Lao, J., Munsch, S., & Caldarà, R. (2017). Visual attention to food cues is differentially modulated by gustatory-hedonic and post-ingestive attributes. *Food Research International*, 97, 199–208.
- Gearhardt, A., Yokum, S., Orr, P., Stice, E., Corbin, W., &

- Brownell, K. D. (2011). Neural correlates of food addiction. *Archives of General Psychiatry*, 68, 808–816.
- Hachl, P., Hempel, C., & Pietrowsky, R. (2003). ERPs to stimulus identification in persons with restrained eating behavior: *International Journal of Psychophysiology*, 49(2), 111–121.
- Hagan, K. E., Alasmar, A., Exum, A., Chinn, B., & Forbush, K. T. (2020). A systematic review and meta-analysis of attentional bias toward food in individuals with overweight and obesity. *Appetite*, 151, 104710.
- Hawkins, M. A. W., Vraney, E. A., Cyders, M. A., Ciciolla, L., Wells, T. T., & Stewart, J. C. (2018). Association between depressive symptom clusters and food attentional bias. *Eating Behaviors*, 31, 24–27.
- Heatherton, T. F., Herman, C. P., Polivy, J., King, G. A., & McGree, S. T. (1988). The (mis) measurement of restraint: An analysis of conceptual and psychometric issues. *Journal of Abnormal Psychology*, 97(1), 19–28.
- Hendrikse, J. J., Cachia, R. L., Kothe, E. J., McPhie, S., Skouteris, H., & Hayden, M. J. (2015). Attentional biases for food cues in overweight and individuals with obesity: A systematic review of the literature. *Obesity Reviews*, 16(5), 424–432.
- Hepworth, R., Mogg, K., Brignell, C., & Bradley, B. P. (2010). Negative mood increases selective attention to food cues and subjective appetite. *Appetite*, 54(1), 134–142.
- Hume, D. J., Howells, F. M., Rauch, H. L., Kroff, J., & Lambert, E. V. (2015). Electrophysiological indices of visual food cue-reactivity. Differences in obese, overweight and normal weight women. *Appetite*, 85, 126–137.
- Huster, R. J., Enriquez-Geppert, S., Lavalley, C. F., Falkenstein, M., & Herrmann, C. S. (2013). Electroencephalography of response inhibition tasks: Functional networks and cognitive contributions. *International Journal of Psychophysiology*, 87(3), 217–233.
- Hutcherson, C. A., Goldin, P. R., Ochsner, K. N., Gabrieli, J. D., Barrett, L. F., & Gross, J. J. (2005). Attention and emotion: Does rating emotion alter neural responses to amusing and sad films? *Neuroimaging*, 27(3), 656–668.
- Ikeda, A., Miyamoto, J. J., Usui, N., Taira, M., & Moriyama, K. (2018). Chewing stimulation reduces appetite ratings and attentional bias toward visual food stimuli in healthy-weight individuals. *Frontiers in Psychology*, 9.
- Jonker, N. C., Bennis, E. C., de Lang, T. A., & de Jong, P. J. (2020). Influence of hunger on attentional engagement with and disengagement from pictorial food cues in women with a healthy weight. *Appetite*, 151, 104686.
- Jonker, N. C., Glashouwer, K. A., Hoekzema, A., Ostafin, B. D., & de Jong, P. J. (2019). Attentional engagement with and disengagement from food cues in anorexia nervosa. *Behavior Research and Therapy*, 114, 15–24.
- Kemps, E., Tiggemann, M., & Hollitt, S. (2014). Biased attentional processing of food cues and modification in obese individuals. *Health Psychology*, 33, 1391–1401.
- Kim, J., Kim, K., & Lee, J. H. (2016). Time course of visual attention to high-calorie virtual food in individuals with bulimic tendencies. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 19 (1), 28–33.
- LaBar, K. S., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., Kim, Y. H., Nobre, A. C., & Mesulam, M. M. (2001). Hunger selectively modulates corticolimbic activation to food stimuli in humans. *Behavioral Neuroscience*, 115(2), 493–500.
- Lattimore, P. (2001). Stress-induced eating: An alternative method for inducing ego-threatening stress. *Appetite*, 36, 187–188.
- Lin, X., Deng, J. H., Shi, L., Wang, Q. D., Li, P., Li, H., ... Lin, L. (2020). Neural substrates of smoking and reward cue reactivity in smokers: A meta-analysis of fMRI studies. *Translational Psychiatry*, 10(1).
- Liu, Y., Roefs, A., Werthmann, J., & Nederkoorn, C. (2019). Dynamics of attentional bias for food in adults, children, and restrained eaters. *Appetite*, 135, 86–92.
- Mason, A. E., Jhaveri, K., Schleicher, S., Almeida, C., Hartman, A., Wackerly, A., ... Aschbacher, K. (2019). Sweet cognition: the differential effects of glucose consumption on attentional food bias in individuals of lean and obese status. *Physiology & Behavior*, 264–273.
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370–396.
- Motoki, K., Saito, T., Nouchi, R., Kawashima, R., & Sugiura, M. (2019). Anxiety increases visual attention to hedonic foods: A preliminary eye-tracking study on the impact of the interplay between integral and incidental effect on foods. *Appetite*, 137, 218–225.
- Nightingale, B. A., & Cassin, S. E. (2019). Disordered eating among individuals with excess weight: A review of recent research. *Current Obesity Reports*, 8(2), 112–127.
- Nijs, I. M. T., Franken, I. H. A., & Muris, P. (2010). Food-related stroop interference in obese and normal-weight individuals: Behavioral and electrophysiological indices. *Eating Behaviors*, 11(4), 258–265.
- Nijs, I. M. T., Muris, P., Euser, A. S., & Franken, I. H. A. (2010). Differences in attention to food and food intake between overweight/obese and normal-weight females under conditions of hunger and satiety. *Appetite*, 54(2), 243–254.
- Papies, E. K., Stroebe, W., & Aarts, H. (2008). The allure of forbidden food: On the role of attention in self-regulation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 44(5), 1283–1292.

- Parigi, A. D., Chen, K. W., Jean-François, G., Salbe, A. D., Pratley, R. E., Ravussin, E., ... Tataranni, P. A. (2002). Sex differences in the human brain's response to hunger and satiation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 75(6), 1017–1022.
- Pourtois, G., Vanlessen, N., Bakic, J., & Paul, K. (2017). Modulatory effects of positive mood on cognition: Lessons from attention and error monitoring. *Current Directions in Psychological Science*, 26(6), 495–501.
- Robinson, T. E., & Berridge, K. C. (1993). The neural basis of drug craving: An incentive-sensitization theory of addiction. *Brain Research Reviews*, 18(3), 247–291.
- Rodebaugh, T. L., Scullin, R. B., Langer, J. K., Dixon, D. J., Huppert, J. D., Bernstein, A., ... Lenze, E. J. (2016). Unreliability as a threat to understanding psychopathology: The cautionary tale of attentional bias. *Journal of Abnormal Psychology*, 125(6), 840–851.
- Sänger, J. (2018). Can't take my eyes off you – How task irrelevant pictures of food influence attentional selection. *Appetite*, 133, 313–323.
- Schupp, H. T., Flaisch, T., Stockburger, J., & Markus Junghöfer. (2006). Emotion and attention: Event-related brain potential studies. *Progress in Brain Research*, 156(156), 31–51.
- Stice, E., Spoor, S., Bohon, C., Veldhuizen, M. G., & Small, D. M. (2008). Relation of reward from food intake and anticipated food intake to obesity: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Abnormal Psychology*, 117(4), 924–935.
- Stice, E., Yokum, S., Bohon, C., Marti, N., & Smolen, A. (2010). Reward circuitry responsivity to food predicts future increases in body mass: Moderating effects of DRD2 and DRD4. *Neuroimage*, 50(4), 1618–1625.
- Stockburger, J., Schmäzle, R., Flaisch, T., Bublatzky, F., & Schupp, H. T. (2009). The impact of hunger on food cue processing: An event-related brain potential study. *Neuroimage*, 47(4), 1819–1829.
- van Ens, W., Schmidt, U., Campbell, L. C., Roefs, A., & Werthmann, J. (2019). Test-retest reliability of attention bias for food: Robust eye-tracking and reaction time indices. *Appetite*, 136, 86–92.
- Vanlessen, N., de Raedt, R., Koster, E. H. W., & Pourtois, G. (2016). Happy heart, smiling eyes: A systematic review of positive mood effects on broadening of visuospatial attention. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 68, 816–837.
- Vuilleumier, P., & Driver, J. (2007). Modulation of visual processing by attention and emotion: Windows on causal interactions between human brain regions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 362 (1481), 837–855.
- Wager, T. D., Jonides, J., & Reading, S. (2004). Neuroimaging studies of shifting attention: A meta-analysis. *NeuroImage*, 22(4), 1679–1693.
- Wang, Y., Dong, D., Todd, J., Du, J., Yang, Z., Lu, H., ... Chen, H. (2016). Neural correlates of restrained eaters' high susceptibility to food cues: An fMRI study. *Neuroscience Letters*, 631, 56–62.
- Wascher, E., Hoffmann, S., Sängler, J., & Grosjean, M. (2009). Visuo-spatial processing and the N1 component of the ERP. *Psychophysiology*, 46(6), 1270–1277.
- Werthmann, J., Jansen, A., Vreugdenhil, A. C. E., Nederkoorn, C., & Roefs, A. (2015). Food through the child's eye: An eye-tracking study on attentional bias for food in healthy-weight children and children with obesity. *Health Psychology*, 34(12), 1123–1132.
- Werthmann, J., Simic, M., Konstantellou, A., Mansfield, P., Mercado, D., Ens, W., & Schmidt, U. (2019). Same, same but different: Attention bias for food cues in adults and adolescents with anorexia nervosa. *International Journal of Eating Disorders*, 1–10.
- Wessing, I., Rehbein, M. A., Postert, C., Färniss, T., & Junghofer, M. (2013). The neural basis of cognitive change: Reappraisal of emotional faces modulates neural source activity in a fronto-parietal attention network. *NeuroImage*, 81, 15–25.
- Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention Perception & Psychophysics*, 72(8), 2031–2046.
- Wu, J., Willner, C. J., Hill, C., Fearon, P., & Crowley, M. J. (2018). Emotional eating and instructed food-cue processing in adolescents: An ERP study. *Biological Psychology*, 132, 27–36.
- Yokum, S., Ng, J., & Stice, E. (2011). Attentional bias to food images associated with elevated weight and future weight gain: An fMRI study. *Obesity*, 19(9), 1775–1783.
- Zhang, S., Cui, L. X., Sun, X. X., & Zhang, Q. (2018). The effect of attentional bias modification on eating behavior among women craving high-calorie food. *Appetite*, 129, 135–142.
- Zvielli, A., Bernstein, A., & Koster, E. H. W. (2015). Temporal dynamics of attention bias. *Clinical Psychological Science*, 3, 772–788.

## The attentional bias for food cues and its neural mechanism

LI Ling, HOU Xiaoxu, ZHANG Ya, SUI Xue

(School of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

**Abstract:** Compared with other types of stimuli, individuals preferentially pay attention to food-related stimuli, that is, the attentional bias towards food stimuli. Analysis of the individual factors that influence this attentional bias for food cues showed the following results: First, among the state factors, hunger and negative emotions related to self-threat with high intensity of arousal had an enhanced effect on attentional bias for food cues, which was reflected in early and late attention processing. Second, among the trait factors, the behavior study found that, compared with normal weight individuals and non-restriction dieters, overweight/obese individuals and successful restricted dieters who evoke dieting goals did not have a stronger attentional bias for food cues. However, the event-related potential study found that at the early stage of attention processing, the influence of trait factors on attentional bias for food cues appeared. Lastly, fMRI studies have found that attentional bias for food cues is accompanied by activation of reward-related brain regions such as the insula, orbitofrontal cortex, and visual attention networks. It is suggested that future research should be devoted to the following four aspects: (1) studying attentional bias from a dynamic perspective to further improve the reliability of measurement, (2) using specialized paradigms to explore the neural mechanism of individual factors affecting attentional bias, (3) distinguishing the different state factors to explore the attentional bias for food cues, and (4) the conducting of rigorous screening and classification of subjects to conduct comparative studies among them.

**Key words:** food cues, attentional bias, neural mechanism, individual status factor, individual trait factor